

(19)

JAPANESE PATENT OFFICE

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **07085422 A**

(43) Date of publication of application: **31.03.95**

(51) Int. Cl.

G11B 5/31

G11B 5/39

(21) Application number: **05232027**

(22) Date of filing: **17.09.93**

(71) Applicant: **SONY CORP**

(72) Inventor: **WATANABE TAKASHI**
WAKABAYASHI NOBORU

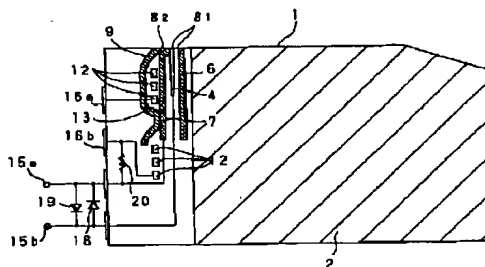
(54) **COMPOSITE MAGNETIC HEAD**

(57) Abstract:

PURPOSE: To prevent an electrostatic failure of an MR element by static electricity entering from the terminal side.

CONSTITUTION: In the composite magnetic head having an MR head and an inductive head layered on a slider 2, a coil part 12 of the inductive head and an MR element 4 of the MR head or a conductor part connected to the element are shortcircuited by a material 13 of 10^3 to $10^9 \Omega \text{cm}$ volume resistivity. Two diodes 18, 19 are provided between a pair of terminals 15a and 15b connected to the MR element 4 of the MR head.

COPYRIGHT: (C)1995,JPO



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平7-85422

(43) 公開日 平成7年(1995)3月31日

(51) IntCl.⁹

G 1 1 B 5/31

5/39

識別記号

片内整理番号

K 9197-5D

F I

技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数 3 O L (全 6 頁)

(21) 出願番号

特願平5-232027

(22) 出願日

平成5年(1993)9月17日

(71) 出願人 000002185

ソニー株式会社

東京都品川区北品川6丁目7番35号

(72) 発明者 渡辺 隆

東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニー株式会社内

(72) 発明者 若林 登

東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニー株式会社内

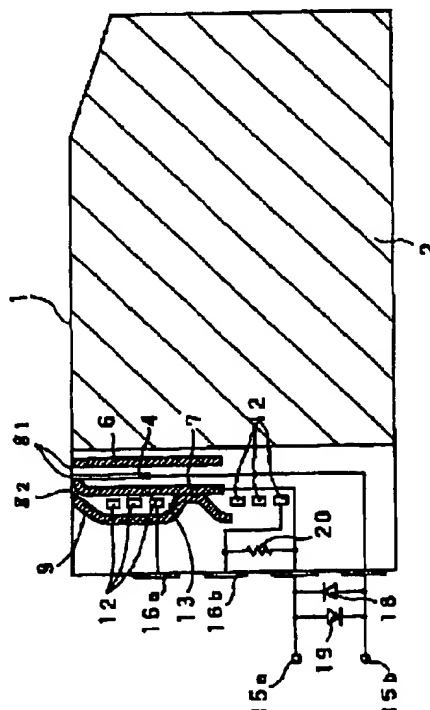
(74) 代理人 弁理士 小池 晃 (外2名)

(54) 【発明の名称】 複合型磁気ヘッド

(57) 【要約】

【目的】 端子サイドから飛び込む静電気によりMR素子の静電破壊を防止する。

【構成】 スライダ2上にMRヘッドとインダクティブヘッドを積層した複合型磁気ヘッドにおいて、インダクティブヘッドのコイル部12とMRヘッドのMR素子4又はそれに接続される導体部が、体積抵抗率 $10^3 \sim 10^5 \Omega \text{cm}$ の物質13で短絡されると共に、上記MRヘッドのMR素子4に接続される一対の端子間15a、15bに、2つのダイオード18、19を設ける。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 基板上に磁気記録媒体との対接面に臨んで再生用磁気ギャップを構成する磁気抵抗効果型磁気ヘッドと記録用磁気ギャップを構成する誘導型薄膜磁気ヘッドが積層されてなる複合型磁気ヘッドにおいて、上記誘導型薄膜磁気ヘッドのコイル部と磁気抵抗効果型磁気ヘッドの磁気抵抗効果素子又はそれに接続される導体部が、体積抵抗率 $10^3 \sim 10^5 \Omega \text{cm}$ の物質で短絡されていることを特徴とする複合型磁気ヘッド。

【請求項2】 基板上に磁気記録媒体との対接面に臨んで再生用磁気ギャップを構成する磁気抵抗効果型磁気ヘッドと記録用磁気ギャップを構成する誘導型薄膜磁気ヘッドが積層されてなる複合型磁気ヘッドにおいて、上記磁気抵抗効果型磁気ヘッドの磁気抵抗効果素子に接続される一対の端子間に、少なくとも1つ以上のダイオードが設けられていることを特徴とする複合型磁気ヘッド。

【請求項3】 基板上に磁気記録媒体との対接面に臨んで再生用磁気ギャップを構成する磁気抵抗効果型磁気ヘッドと記録用磁気ギャップを構成する誘導型薄膜磁気ヘッドが積層されてなる複合型磁気ヘッドにおいて、上記誘導型薄膜磁気ヘッドのコイル部と磁気抵抗効果型磁気ヘッドの磁気抵抗効果素子又はそれに接続される導体部が、体積抵抗率 $10^3 \sim 10^5 \Omega \text{cm}$ の物質で短絡されると共に、上記磁気抵抗効果型磁気ヘッドの磁気抵抗効果素子に接続される一対の端子間に、少なくとも1つ以上のダイオードが設けられていることを特徴とする複合型磁気ヘッド。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、例えばハードディスクに対して記録再生するのに好適な複合型磁気ヘッドに関し、特に静電破壊対策に関する。

【0002】

【従来の技術】 近年、記録密度の向上を達成するために、ハードディスク・ドライブ装置の記録再生ヘッドとして、誘導型薄膜磁気ヘッド（以下、インダクティブヘッドと称する。）による記録ヘッドと、短波長感度に優れた磁気抵抗効果型磁気ヘッド（以下、MRヘッドと称する。）による再生ヘッドを同一の基板（スライダ）上に積層した、いわゆる複合型磁気ヘッドの実用化が検討されるようになってきた。

【0003】 その実用化のために乗り越えなければならない技術的問題として、静電破壊の問題が挙げられる。静電破壊は、大別すると2つの種類に区別される。1つは、ドライブ実装状態において、ハードディスクからの電荷の飛び込みによるものである。

【0004】 すなわち、ハードディスクの表面は、空気流等によって表面電位が上昇し、静電気（電荷）が蓄積された状態となっている。このため、磁気ヘッドが動作

開始時（スタート時）又は停止時（ストップ時）にハードディスクに対して近接ないしは接触すると、接地状態にある磁気抵抗効果素子（以下、MR素子という。）の端部との間に放電が生じ、この放電による大きな電流がMR素子に流れる。つまり、ハードディスク上に蓄積された電荷がヘッドに飛び込んできて、MR素子に流れることになる。この結果、高感度化のためにその膜厚をサブミクロン以下とされたMR素子が、かかる放電電流によって破壊され、ヘッド出力が得られなくなる現象が発生する。

【0005】 これについては、本願出願人によって従来から種々の検討がなされている。例えば、その一例として特開平4-21916号公報に開示するように、MR素子を挟み込む一対の導電体の一方とMR素子の先端電極とを電気的に接続すると共に、容量の大きい導電体と容量の小さい導電体とを各々独立に接地電位に接続する構造とする。

【0006】 かかる構造とすることにより、磁気ヘッドがハードディスクに接触したとき、ディスク表面上の帯電電荷は、ほとんど大容量の導電体を通して接地電位に排出される。また、仮にMR素子部に電荷が飛び込んでも、電荷は先端電極と電気的に接続されている導電体を通じて接地電位に排出されることになる。したがって、いずれの場合でもディスク上の帯電電荷は、MR素子の回路に流れることがなく、MR素子の破壊を回避することができる。

【0007】 もう1つは、磁気ヘッドを評価する際（電磁変換特性等）又はドライブ組立の際に、端子サイドから電荷が飛び込むことによる静電破壊である。そのうちの一方は、記録コイルとMR素子又はそれに接続する導体部（配線等）の絶縁を破壊し、他方はMR素子に静電気が放電され、当該MR素子自体が溶断される。かかる事態はドライブ組立前に生じることから、磁気ヘッドの製造歩留まりに大きな影響を与えることになる。したがって、その対策が早急に臨まれる。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】 そこで本発明は、上述の技術的な課題に鑑みて提案されたものであって、端子サイドからの飛び込みによる静電破壊を回避し、記録再生特性に優れた信頼性の高い複合型磁気ヘッドを提供することを目的とする。

【0009】

【課題を解決するための手段】 上述の目的を達成するために、本発明は、基板上に磁気記録媒体との対接面に臨んで再生用磁気ギャップを構成する磁気抵抗効果型磁気ヘッドと記録用磁気ギャップを構成する誘導型薄膜磁気ヘッドが積層されてなる複合型磁気ヘッドにおいて、上記誘導型薄膜磁気ヘッドのコイル部と磁気抵抗効果型磁気ヘッドの磁気抵抗効果素子又はそれに接続される導体部を、体積抵抗率 $10^3 \sim 10^5 \Omega \text{cm}$ なる物質で短絡

3

させることにより、上述の課題を解決する。

【0010】また本発明は、基板上に磁気記録媒体との対接面に臨んで再生用磁気ギャップを構成する磁気抵抗効果型磁気ヘッドと記録用磁気ギャップを構成する誘導型薄膜磁気ヘッドが積層されてなる複合型磁気ヘッドにおいて、上記磁気抵抗効果型磁気ヘッドの磁気抵抗効果素子に接続される一対の端子間に、少なくとも1つ以上のダイオードを設けることにより、上述の課題を解決する。

【0011】さらに発明は、誘導型薄膜磁気ヘッドのコイル部と磁気抵抗効果型磁気ヘッドの磁気抵抗効果素子又はそれに接続される導体部を体積抵抗率 $10^3 \sim 10^9 \Omega \text{cm}$ の物質で短絡させると共に、上記磁気抵抗効果型磁気ヘッドの磁気抵抗効果素子に接続される一対の端子間に、少なくとも1つ以上のダイオードを設けることにより、上述の課題を解決する。

【0012】

【作用】本発明においては、誘導型薄膜磁気ヘッドのコイル部と磁気抵抗効果型磁気ヘッドの磁気抵抗効果素子又はそれに接続される導体部が、体積抵抗率 $10^3 \sim 10^9 \Omega \text{cm}$ なる物質で短絡されているので、端子サイドから静電気が飛び込んだとしても、かかる大きな抵抗により静電気による電流が静電破壊に至らない小さなものとなされ、その小電流がゆっくりと（長い時間をかけての意である。）MR素子へと流れることになる。したがって、MR素子の静電破壊が回避される。

【0013】また、本発明においては、磁気抵抗効果素子に接続される一対の端子間に、少なくとも1つ以上のダイオードが設けられているので、このMR端子より静電気が飛び込んだとしても、その静電気電圧が大きいためダイオードの抵抗は小さくなり、端子側からの静電気放電をダイオードの所で流してしまうことになり、当該MR素子へ達することはない。したがって、MR素子の静電破壊が未然に回避される。

【0014】また、本発明においては、誘導型薄膜磁気ヘッドのコイル部と磁気抵抗効果型磁気ヘッドの磁気抵抗効果素子又はそれに接続される導体部を体積抵抗率 $10^3 \sim 10^9 \Omega \text{cm}$ なる物質で短絡すると共に、磁気抵抗効果素子に接続される一対の端子間に少なくとも1つ以上のダイオードを設けているので、端子サイドから静電気が飛び込むことによるMR素子の静電破壊が確実に回避せしめられる。

【0015】

【実施例】以下、本発明を適用した具体的な実施例について図面を参照しながら詳細に説明する。

実施例1

本実施例の複合型磁気ヘッドは、図1に示すように、ハードディスクとの対接面となるABS（エア・ベアリング・サーフェス）面1に再生用磁気ギャップ g_1 を臨ませるMRヘッドと、このABS面1に記録用磁気ギャップ

4

g_2 を臨ませるインダクティブヘッドをA1、O₁、T1C基板からなるスライダ2の一側面上に積層形成した、いわゆる2ギャップタイプの記録再生ヘッド構成とされている。

【0016】MRヘッドは、先端部と後端部にそれぞれ定電流源からのセンス電流を通ずるための一対の電極3a、3b（以下、ABS面1側に設けられる電極3aを先端電極3a、後端側に設けられる電極3bを後端電極3bと称する。）が積層されたMR素子4を有してなる。

【0017】MR素子4は、その長手方向が上記ABS面1に対して垂直となるように設けられるとともに、その一端縁が上記ABS面1に臨むようになされている。また、このMR素子4は、例えばS1O₂等よりなる非磁性の絶縁層を介して静磁的に結合する一対のMR薄膜を積層した構成とされ、パルクハウゼンノイズの発生が回避されるようになっている。

【0018】なお、MR薄膜は、例えばパーマロイ等の強磁性体薄膜からなり、高感度化を図るため、その膜厚が数百オングストローム程度とされる。

【0019】先端電極3aは、その一側縁がABS面1に臨むようにしてMR素子4の先端部に積層されている。かかる先端電極3aは、後述の後端電極3bとの間に電流を流して、上記MR素子4にセンス電流を通電する電極としての機能を有する。また、この先端電極3aは、再生用磁気ギャップ g_1 のギャップ膜として機能するようになっている。

【0020】一方、後端電極3bは、MR素子4の後端部に直接積層して設けられ、このMR素子4と電気的に接続するようになされている。

【0021】そして、かかるMRヘッドにおいては、上記MR素子4を非磁性且つ絶縁性を有する膜5を介してパーマロイ等の磁性体からなる第1の薄膜磁気コア6と第2の薄膜磁気コア7とで挟み込んだ、いわゆるシールド型構成となっている。シールド型構成をとるのは、この種の一体型ヘッドでは短波長再生を要求されたり、再生波形がインダクティブヘッドの微分出力波形と同じものを信号処理上求められるからである。

【0022】MR素子4の下側に設けられる第1の薄膜磁気コア6は、上記スライダ2との間に絶縁層8を介して上記ABS面1にその一端を臨ませるようにして、このABS面1に対し垂直にバック側へ延在するようにして設けられている。

【0023】一方、これに対向して設けられる他方の第2の薄膜磁気コア7は、先の第1の薄膜磁気コア6と同様に上記ABS面1にその一端を臨ませるようにして、このABS面1に対し垂直にバック側へ延在して設けられている。そして、そのABS面1側において、この第2の薄膜磁気コア7は先端電極3aと電気的に接続されるようになっている。

【0024】一方、インダクティブヘッドは、磁気シールドとして機能する第2の薄膜磁気コア7を閉磁路を構成する一方の薄膜磁気コアとし、この薄膜磁気コア7に対向して積層される第3の薄膜磁気コア9とによって上記ABS面1に臨んでその前方端部に記録用磁気ギャップ g_1 を構成するようになっている。

【0025】すなわち、第2の薄膜磁気コア7に対向して積層される第3の薄膜磁気コア9は、上記ABS面1に臨む前方端部でこの第2の薄膜磁気コア7側に屈曲され、その間隙が狭くなされた対向部分に記録用磁気ギャップ g_1 を構成すると共に、後方端部で上記第2の薄膜磁気コア7と磁気的に接触するようになっている。

【0026】なお、記録用磁気ギャップ g_1 は、ABS面1側における第2の薄膜磁気コア7と第3の薄膜磁気コア9間の間隙が狭くなされた部分に配されるギャップ膜10の厚みによってそのギャップ長が決定されている。かかるギャップ膜10は、第2の薄膜磁気コア7上であって、上記ABS面1より第2の薄膜磁気コア7と第3の薄膜磁気コア9との磁気的結合部11に至る範囲に形成されている。

【0027】そして、上記第3の薄膜磁気コア9と第2の薄膜磁気コア7の接続部分である磁気的結合部11には、この磁気的結合部11を取り囲むようにしてスパイラル状の記録コイル12が設けられている。かかる記録コイル12は、上記第3の薄膜磁気コア9と第2の薄膜磁気コア7間に設けられる中間層13によって埋め込まれ（平坦化され）ている。そして、上記第3の薄膜磁気コア9の上には、上記スライダ2上に積層されるMRヘッドとインダクティブヘッドを保護するための保護層14が形成されている。

【0028】そして特に、本実施例の複合型磁気ヘッドにおいては、端子サイドから静電気が飛び込むことによる各素子の静電破壊を防止するために、記録コイル12を平坦化する中間層13を、絶縁材でない体積抵抗率 $10^3 \sim 10^5 \Omega \text{cm}$ なる物質によって構成している。つまり、記録コイル12とMR素子4又はそれに接続される導体部（配線等）が、この体積抵抗率 $10^3 \sim 10^5 \Omega \text{cm}$ なる物質によって各素子間が短絡（ショート）されるようになされている。かかる物質としては、静電気により溶断せず、且つ静電破壊しない材料、例えばカーボン含有樹脂等が挙げられる。

【0029】上記体積抵抗率が $10^3 \Omega \text{cm}$ 未満であると、使用時のリーク電流値が大きくなってしまい、逆に $10^5 \Omega \text{cm}$ を越えると絶縁物質と変わらなくなる。したがって、上記体積抵抗率は上記の範囲であることが望ましい。

【0030】また、かかる範囲の体積抵抗率を持つ物質は、通常の使用状態においてはコイル抵抗、MR抵抗に比べて実用上無限大の抵抗を持つが、静電気が放電したときには各素子（記録コイル12、MR素子4）間を突

質的にショートする機能を持つ。

【0031】ところで、静電気で流れる電流は、（1）式及び図2からわかるように、抵抗 R を安定に且つ大きくしておけば、流れる電流 I の大きさを小さくすることができ、且つ安定に放電を行うことが可能となる。

【0032】

【数1】

$$I = \frac{E_0}{R} e^{-t/CR} \quad \dots\dots(1) \text{式}$$

【0033】通常、高い電圧が短時間に流れると静電破壊が生じるが、上述のように体積抵抗率 $10^3 \sim 10^5 \Omega \text{cm}$ なる物質を介在させて抵抗を大きくすれば、ゆっくりと（長時間で）電流が流れることになり、静電破壊が防止される。したがって、ヘッドの評価の際やドライブ組立の際に、仮に端子サイドから静電気が飛び込んだとしても、記録コイル12とMR素子4又はそれに接続される導体部が静電破壊されることはない。実際に、MR抵抗、コイル抵抗は、 $10 \sim 30 \Omega$ 程度あり、本発明の材料・構造による素子間抵抗は、測定電圧5V程度では $1 \text{M}\Omega$ 以上となり、実使用時はリーク電流は無視できるが、静電気に対しては有効となる。

【0034】なお、上述の実施例では、体積抵抗率 $10^3 \sim 10^5 \Omega \text{cm}$ なる物質を中間層13に介在させるようにしたが、例えば図3及び図4に示すように、該体積抵抗率 $10^3 \sim 10^5 \Omega \text{cm}$ なる層17をプロセス始めにコートして、MR素子4に接続されるMR端子15a、15bと記録コイル12に接続されるコイル端子16a、16bとを短絡させるようにしてもよい。このように構成すれば、先の実施例と同様に端子サイドからの電荷の飛び込みによる静電破壊を回避することができ

【0035】実施例2

本実施例の複合型磁気ヘッドは、端子サイドから飛び込んできた静電気によるMR素子4の静電破壊を回避するために、MR素子4に接続される端子間に2つのダイオードを設けた例である。なお、本実施例では、本発明に係わる発明をよりわかりやすくするために、インダクティブヘッドの図示及びその説明は省略する。また、先の実施例1の複合型磁気ヘッドと同一の部材には同一の符号を付し、その説明は省略するものとする。

【0036】本実施例では、図5及び図6に示すように、第1の薄膜磁気コア6と第2の薄膜磁気コア7とによって挟み込まれたMR素子4に接続される一対のMR端子15a、15b間に、アノードとカソードがそれぞれ互い違いに且つ並列となるように一対のダイオード18、19が電気的に接続されている。

【0037】通常、ドライブ実装状態でMR素子4の動作電圧は、0.1～0.4V程度であるので、ダイオード18、19を流れる電流は、ほぼ零となり、実使用状

況下では悪影響を与えることはない。しかし、静電気が放電されるや、その静電気電圧が大きいため、ダイオード18、19の抵抗は小さくなり、端子側からの静電気放電をダイオード18、19のところで流してしまい、MR素子4に達しなくしてしまう。したがって、ヘッドの評価の際やドライブ組立の際に、MR端子15a、15bに静電気が飛び込んだとしても、かかるダイオード18、19によって当該MR素子4の静電破壊が防止される。

【0038】通常、MR素子4間に静電気が放電された場合は、MR素子4の膜厚が数10nmと非常に薄く、断面積も小さいために、瞬時にしてジュール熱による発熱でMR素子4が熔断を起こす。しかし、本実施例では、MR端子間にダイオード18、19を接続しているため、静電気がゆっくりと流れることになり、MR素子4の静電破壊が回避される。なお、記録コイル12は、断面積が大きいため静電気によるジュール熱によって熔断しないため、当該記録コイル12の端子間にダイオード18、19を設ける必要はない。

【0039】ところで、ダイオード18、19は、ヘッド素子の内部に形成するのが理想であるが、プロセスの親和性からは経済的負担の大きなものになってしまう。また、各端子間に同様な処置をするのが望ましいが、ヘッド自体の小型化に対し、問題となる。そのため、MR素子4の端子15a、15bだけにダイオード18、19を2つ並列に接続することが信頼性を挙げ、且つ安価に達成する最良の方法である。

【0040】実施例3

本実施例の複合型磁気ヘッドは、端子サイドからの静電気の飛び込みによる各素子の静電破壊を回避するために、実施例1と実施例2の構造を組み合わせた構成としたものである。

【0041】すなわち、図7に示すように、記録コイル12とMR素子4又はそれに接続される導体部が、体積抵抗率 $10^8 \sim 10^9 \Omega \text{cm}$ なる物質によって各素子間が短絡されると共に、MR端子15a、15b間に2つのダイオード18、19が接続された構造とされている。図7では、体積抵抗率 $10^8 \sim 10^9 \Omega \text{cm}$ なる物質による抵抗（本例では1M Ω 以上）を符号20で示す。なお、先の実施例1と実施例2の磁気ヘッドと同一の部材については同一の符号を付しその説明は省略する。

【0042】図7に示すように、記録コイル12とMR素子4又はそれに接続される導体部を、体積抵抗率 $10^8 \sim 10^9 \Omega \text{cm}$ なる物質によって各素子間を短絡し、且つMR端子15a、15b間に2つのダイオード18、19を接続しているため、ヘッドの評価の際又はドライブ組立の際に静電気が記録コイル端子16a、16bとMR端子15a、15b或いはいずれか一方に飛び込んできた場合においても、先に説明したように各素子

の静電破壊を確実に防止することができる。

【0043】

【発明の効果】以上の説明からも明らかなように、本発明の複合型磁気ヘッドによれば、インダクティブヘッドのコイル部とMRヘッドのMR素子又はそれに接続される導体部が、体積抵抗率 $10^8 \sim 10^9 \Omega \text{cm}$ なる物質で短絡されているので、ヘッドの評価の際又はドライブ組立の際に端子サイドから静電気が飛び込んだとしても、かかる大きな抵抗により静電気電流が静電破壊に至らない小さなものとなされ、その小電流がゆっくりとMR素子へと流れることになり、当該MR素子の静電破壊を回避することができる。

【0044】また、本発明の複合型磁気ヘッドにおいては、磁気抵抗効果素子に接続される一対の端子間に、少なくとも1つ以上のダイオードを設けているので、同様にヘッドの評価の際又はドライブ組立の際にMR端子より静電気が飛び込んだとしても、その静電気電圧が大きいためダイオードの抵抗は小さくなり、端子側からの静電気放電をMR素子へ達することなくダイオードの所で流してしまうことになり、当該MR素子の静電破壊を回避できる。

【0045】また、本発明の複合型磁気ヘッドにおいては、インダクティブヘッドのコイル部とMRヘッドのMR素子又はそれに接続される導体部を、体積抵抗率 $10^8 \sim 10^9 \Omega \text{cm}$ なる物質で短絡させると共に、MR素子に接続されるMR端子間に少なくとも1つ以上のダイオードを設けているので、ヘッドの評価の際又はドライブ組立の際にMR端子より静電気が飛び込んだとしても、記録コイル及びMR素子を静電破壊から確実に回避させることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】実施例1の複合型磁気ヘッドの要部拡大断面図である。

【図2】抵抗が大であるときと小であるときの電流の時間変化を示す特性図である。

【図3】MR端子とコイル端子を体積抵抗率 $10^8 \sim 10^9 \Omega \text{cm}$ なる層で短絡させるようにした実施例1の複合型磁気ヘッドの斜視図である。

【図4】MR端子とコイル端子を体積抵抗率 $10^8 \sim 10^9 \Omega \text{cm}$ なる層で短絡させるようにした実施例1の複合型磁気ヘッドの断面図である。

【図5】実施例2の複合型磁気ヘッドの断面図である。

【図6】実施例2の複合型磁気ヘッドの正面図である。

【図7】実施例3の複合型磁気ヘッドの断面図である。

【符号の説明】

- 1・・・ABS面
- 2・・・スライダ
- 3a・・・先端電極
- 3b・・・後端電極
- 4・・・MR素子

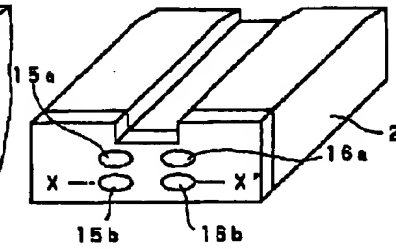
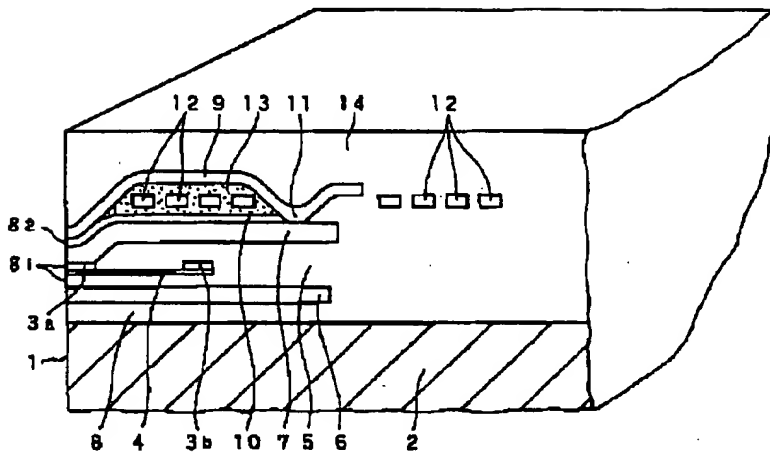
- 6・・・第1の薄膜磁気コア
 7・・・第2の薄膜磁気コア
 9・・・第3の薄膜磁気コア
 12・・・記録コイル
 13・・・中間層（体積抵抗率 $10^3 \sim 10^5 \Omega \text{cm}$ な

る層）

- 15a, 15b・・・コイル端子
 16a, 16b・・・MR端子
 17, 18・・・ダイオード

【図1】

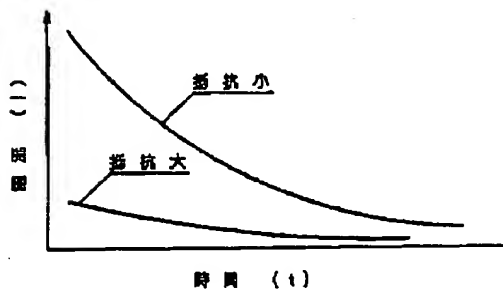
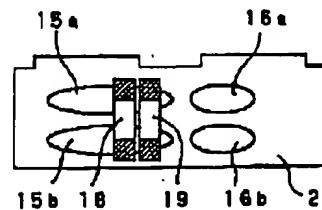
【図3】



【図6】

【図2】

【図4】



【図7】

【図5】

